

人工湿地による酸性廃水の浄化

Treatment of acid drainage by constructed wetland

荻野 激・遠藤 祐司・黒沢 邦彦・野呂田 晋
 Tagiru Ogino, Yuuji Endou, Kunihiko Kurosawa and Susumu Norota

キーワード; 人工湿地, 酸性廃水, 水処理, ヨシ

Key words; constructed wetland, acid drainage, water treatment, reed

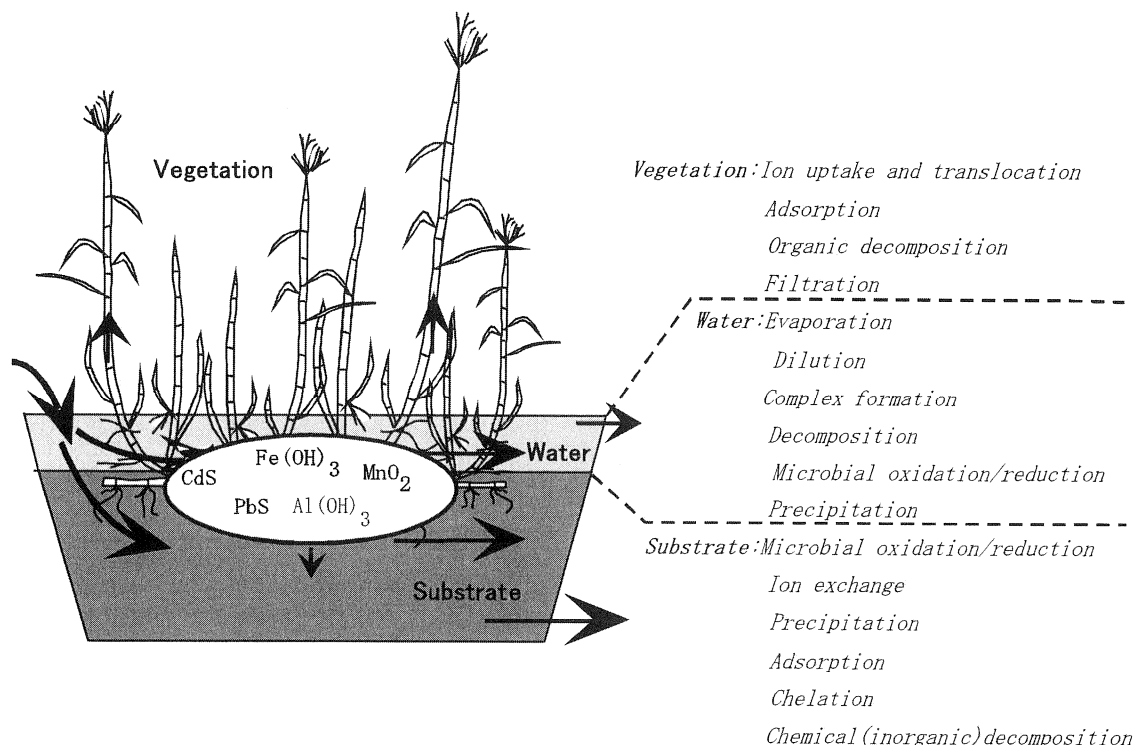
I はじめに

湿地は、植物、水、土壌および微生物・細菌によって構成されており、それぞれが水質浄化機能を有している。IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control (2000) によれば、植物には、有害物質の取り込み・吸着・有機物分解・ろ過機能のほかに、蒸発散効果・土壌への酸素供給・微生物などの生息環境形成等の機能があるとされている。また、水には、蒸発・希釈・錯形成の機能が、土壌には、イオン交換・吸着・キレート化・化学的分解のほか、微生物などの生息環境の提供という機能がある。微生物・細菌は、植物の根圏・水中および土壌中に生息し、有害物質などの酸化還元をおこなう機能を持っている(第1図参照)。湿地を利用した廃水処理は、このような構成物の持つそれぞれの浄化機能や構成物同士の相互作用を活用する。

湿地を利用する廃水処理法は、構成物の持つ自然の機能を利用するため、薬剤などを用いる従来の処理法と比較して、低コスト・低エネルギーおよびメンテナンスフリーなどの利点がある。さらに、処理にあたって、電力などのエネルギーを必要とせず、二酸化炭素の排出抑制効果など環境に対する負荷がほとんどないという優れた面を有している。

このように湿地による廃水処理は、省コストで環境に対するインパクトが低く、環境重視の21世紀にふさわしい方法といえる。これらのことから欧米では、1970年代から湿地を利用した廃水処理法の研究・開発の取り組みが始められており、現在では生活排水・工場排水および鉱山廃水等の各種廃水に対して、湿地を利用した水処理が数多くおこなわれている(IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control, 2000)。

一方、国内においては、生活排水に対する処理につ



第1図 湿地の浄化機能 (IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control (2000) から編集)
 Fig. 1 Processes of water treatment in wetlands(modified of IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control (2000)).

いて、いくつかの実験例が報告されており（例えば細見, 1992; 北詰・野口, 1997）, 実用化に向けた取り組みがなされている。しかし、鉱山廃水等の重金属を含む酸性廃水の処理に対する研究は、他の廃水と比べ遅れているのが現状である。

地質研究所では、休廃止鉱山の坑内水が流入している自然湿地での水質調査等から、坑内水中の重金属が湿地を流下する間に除去されていることを確認した（荻野ほか, 2001）。さらに重金属を含む酸性廃水の処理法として、自然湿地もしくは人工湿地の可能性について検討するため、2000年10月からは、北海道建設部函館土木現業所の協力を得て人工湿地を用いた重金属含有酸性水の浄化試験を実施した。

この試験では、湿地での流入・流出水について、流量測定などと重金属濃度の分析をおこない、人工湿地を通すことによる水質変化の有無を検討した。本稿では、これら測定値・分析値を取りまとめ、人工湿地における酸性水浄化試験の結果について報告する。

II 酸性水浄化試験の概要

II. 1 酸性水の概要

今回の試験を実施した場所は、北海道南西部上ノ国町の目名川に建設中の上ノ国ダム（多目的ダム）の下流約2kmの地点である。このダムの建設過程で発生した掘削残土の堆積場から、1997年4月にpH: 3の酸性水が浸出しているのが確認された。この酸性水は、ダム下流域の河川に流入し、河川水質に影響を与えていることが判明した。そのため、酸性水の対策として堆積場に対する表面被覆や側溝整備など各種対策工事をとるとともに、中和処理施設を建設して消石灰による中和処理をおこなった。

酸性水の発生原因としては、ダムサイト周辺の地質を構成している先第三系の粘板岩中に含まれる黄鉄鉱の影響と考えられている（北海道立地質研究所ほか, 2000）。この酸性水の流量は12~18L/minで、水質は第1表に示すとおり、硫酸（SO₄）、銅（Cu）、カルシウム（Ca）、鉄（Fe）及びマンガン（Mn）濃度が高い（北海道立地質研究所ほか, 2000）。

II. 2 人工湿地の概要

造成した人工湿地の形状を第2図に示す。人工湿地のサイズは、上面16m×6m、底面12m×2m、深さ1mであり、溝状に掘削して掘削面を遮水シートで覆った。人工湿地内の土壌は、底から25cm程度まで石灰石を敷き、その上に砂を入れ、全体で約50cmの厚さとした。石灰石は、pHの上昇・重金属濃度低下等をより効果的にするため使用した。また、人工湿地はゲートのついた仕切り版を中央付近に設けて、上流部と下流部の2槽に分け、さらに擁壁を3箇所を設置し、人工湿

第1表 酸性廃水の水質

Table 1 Water quality of acid drainage.

		1999/8/25
	pH	3.1
mS/m	EC	288
mg/L	Ca	313
	SO ₄	2820
	T-Fe	17.5
	Mn	128
	Cu	4.17
	Zn	0.582
	Cd	0.009

地内を蛇行しながら流下するようにした。

人工湿地の植生としては、最適生育環境がpH: 2~8であるヨシ（細見, 1990）を使用した。ダム建設現場付近の河川岸に繁茂しているヨシ（高さ1~1.5m程度）の密生地から、20~30cm程度の立方体のブロックを切り取り、約10cm間隔で移植した。移植の方法は、ブロック植えによりおこなった（杉山・進土, 1992）。

人工湿地に流入させる酸性水の量は、湿地内で5日間程度滞留できるように3~4L/minとした。酸性水は人工湿地上流部に設けた導入口から、人工湿地の底部にある石灰石と反応できるように流入させた（第2図参照）。人工湿地は2000年9月中旬に完成し、1ヶ月程度河川水でヨシの養生を図った後、10月18日から酸性水を導入した。

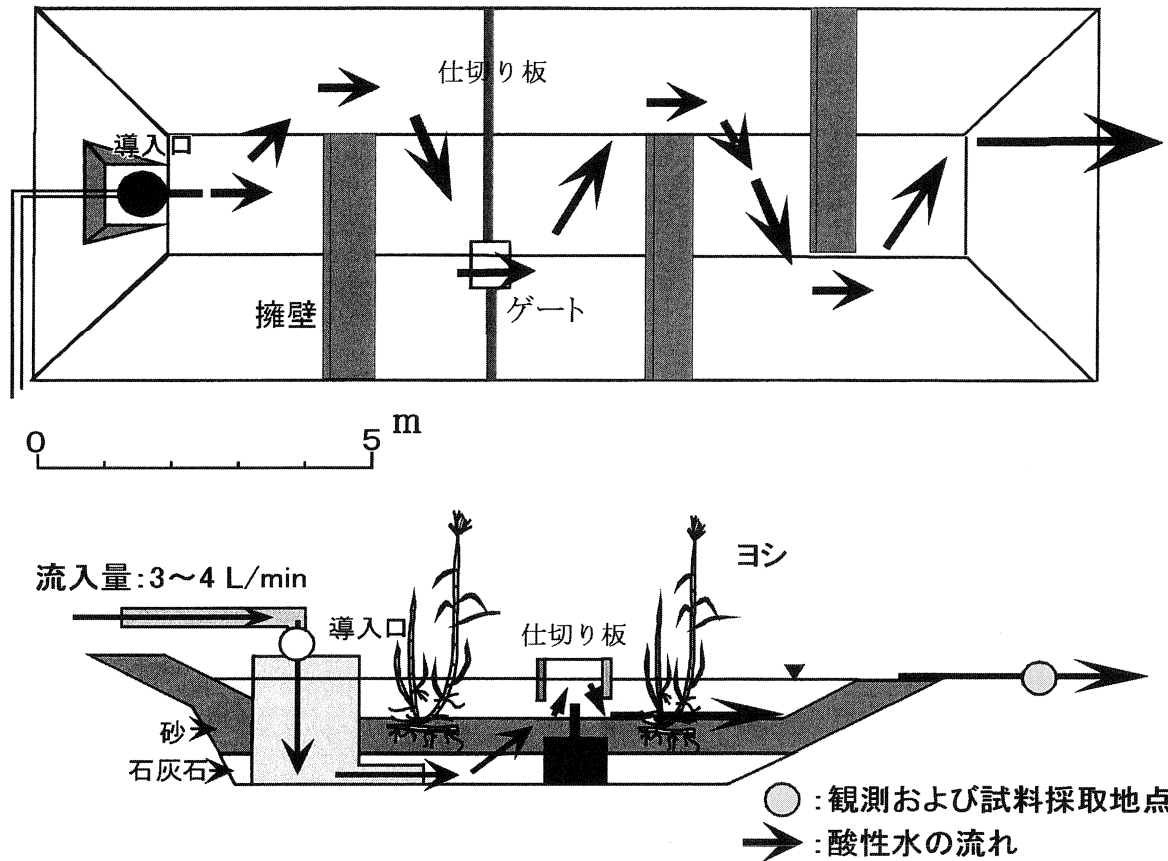
II. 3 試験の概要

浄化試験の期間は、2000年10月18日~2001年8月31日までの、冬期間（12月24日~4月10日）を除いた約7ヶ月間である。今回の試験では、人工湿地の流入・流出水について、流量、pH、水温および電気伝導度を1日1回測定し、水質分析用試料の採水は5~10日間隔でおこなった。採取した試料水は、酸（HCl）処理した後、実験室にて分析に供した。分析方法は、原子吸光光度法（日立製、Z-6100）を用いた。分析項目はFe、Mn、Cu、ZnおよびCdである。それぞれの観測・試料採取地点については、第2図に示すとおりである。

III 結果と考察

流量と日降水量の観測結果を第3図、pHの観測結果を第4図にまとめた。

第3図によれば、人工湿地からの流出水量は、試験期間中一部の例外があるものの、流入水量よりも少なくなっていることがわかる。この流出水量の減少は、湿地からの漏水はほとんどないと考えられるので、植物および湿地水面からの蒸発散による水量減少の効果と推定される。また、試験前半（10月18日~12月24日）と後半（4月11日~8月31日）を比較すると、流入量



第2図 人工湿地の形状
Fig. 2 Outline of the constructed wetland.

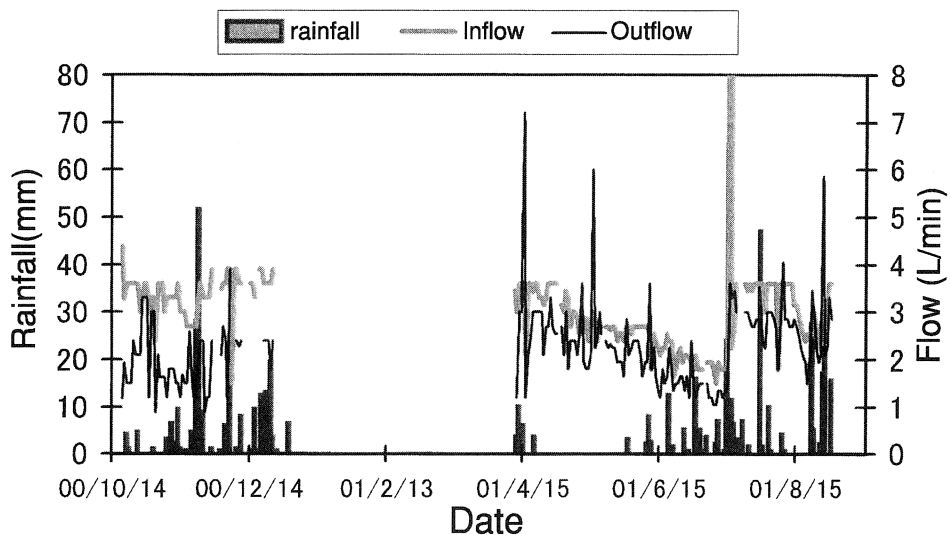
に対する流出量の減少の程度は前半の方が、後半よりもやや大きくなっている。

一方、pHは、第4図に示すように、流出水のpHは試験期間の前半で流入水のpHよりも0.2程度高く推移しているが、後半は特に6月以降で、流入・流出水の両者のpHがほぼ等しくなっている。このことは、試験前半では湿地土壌の底部に敷いた石灰石がある程度pH

を上げる働きをしたが、後半では石灰石の表面が沈殿物等により覆われたためその働きが低下し、pHの上昇が見られなくなったことを示すと考えられる。

流入・流出水の水質分析結果は第2表に示す。また、流入水濃度と流出水濃度の関係について、第5図に示した。

Fe濃度の結果を見ると、前半(10~12月)と後半

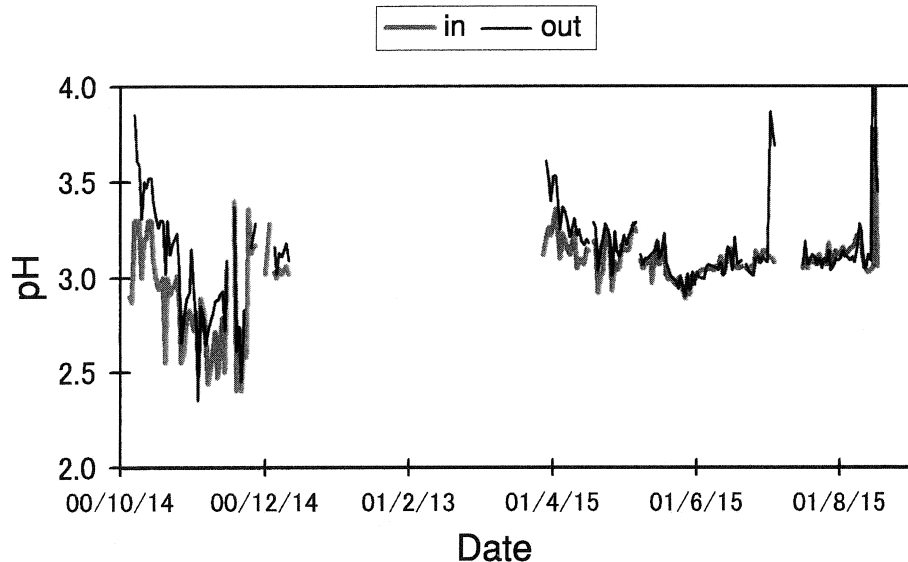


第3図 流量の変化
Fig. 3 Variation of flow rate and rainfall in constructed wetland.

第2表 水質分析結果
Table 2 Water quality and load

Sample	Flow L/min	pH	metal concentration (mg/L)					Load (flow rate×metal concentration : g/min)					
			Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	
2000/10/18	Inflow	4.4	2.9	28.4	103	5.61	2.81	0.041	124	450	24.6	12.3	0.18
	Outflow	1.2	6.9	0.90	1	0.04	0.00	0.000	1.1	2	0.0	0.0	0.00
2000/10/19	Inflow	3.3	2.9	28.5	103	5.48	2.92	0.044	93.1	336	17.9	9.6	0.14
	Outflow	1.9	4.2	3.13	43	1.60	1.10	0.014	6.1	82	3.1	2.1	0.03
2000/10/20	Inflow	3.6	3.3	27.6	104	5.57	2.95	0.045	99.2	376	20.0	10.6	0.16
	Outflow	1.5	3.9	11.3	84	4.03	2.00	0.032	16.9	126	6.0	3.0	0.05
2000/10/23	Inflow	3.6	3.0	28.1	109	5.86	3.11	0.042	101	391	21.1	11.2	0.15
	Outflow	2.4	3.3	18.3	103	5.23	2.88	0.039	44.0	247	12.5	6.9	0.09
2000/10/26	Inflow	3.0	3.3	25.5	108	5.47	2.97	0.046	76.6	325	16.4	8.9	0.14
	Outflow	2.1	3.5	18.8	108	5.27	2.90	0.041	39.6	226	11.1	6.1	0.09
2000/10/30	Inflow	3.0	2.9	23.2	115	5.58	3.12	0.043	69.6	344	16.7	9.3	0.13
	Outflow	1.2	3.3	20.3	115	5.44	3.11	0.043	24.4	139	6.5	3.7	0.05
2000/11/02	Inflow	2.4	2.6	21.6	113	5.10	2.96	0.044	51.9	270	12.2	7.1	0.11
	Outflow	0.9	3.0	17.8	115	5.00	2.96	0.044	16.0	104	4.5	2.7	0.04
2000/11/06	Inflow	3.0	3.0	20.4	120	4.91	3.02	0.043	61.3	359	14.7	9.1	0.13
	Outflow	1.6	3.2	17.0	120	4.82	2.94	0.043	27.6	195	7.8	4.8	0.07
2000/11/09	Inflow	3.3	2.6	21.6	116	4.83	2.93	0.045	71.2	384	15.9	9.7	0.15
	Outflow	1.8	2.7	16.9	118	4.64	2.86	0.043	30.5	212	8.3	5.1	0.08
2000/11/13	Inflow	3.0	2.8	23.7	120	5.06	3.03	0.048	71.2	361	15.2	9.1	0.14
	Outflow	1.2	3.2	14.5	100	3.84	2.40	0.036	17.4	120	4.6	2.9	0.04
2000/11/16	Inflow	2.7	2.5	23.0	126	5.07	3.03	0.044	62.1	340	13.7	8.2	0.12
	Outflow	1.5	2.4	19.9	123	4.81	2.92	0.045	29.8	185	7.2	4.4	0.07
2000/11/20	Inflow	2.7	2.4	19.3	120	4.96	2.96	0.045	52.2	325	13.4	8.0	0.12
	Outflow	1.2	2.7	17.9	126	4.79	2.94	0.044	21.5	151	5.7	3.5	0.05
2000/11/24	Inflow	3.3	2.5	21.5	100	5.07	2.76	0.043	70.8	331	16.7	9.1	0.14
	Outflow	0.9	2.9	19.5	93	4.57	2.52	0.037	17.5	84	4.1	2.3	0.03
2000/11/27	Inflow	3.9	2.5	20.3	111	5.05	2.86	0.044	79.0	434	19.7	11.2	0.17
	Outflow	2.4	2.7	17.4	105	4.68	2.68	0.041	41.8	251	11.2	6.4	0.10
2000/12/01	Inflow	3.5	3.4	18.3	115	5.00	2.92	0.048	63.7	400	17.4	10.1	0.17
	Outflow	2.1	3.4	20.1	130	5.31	3.10	0.046	42.2	273	11.2	6.5	0.10
2000/12/04	Inflow	3.9	2.4	16.9	120	5.10	2.98	0.042	65.9	467	19.9	11.6	0.16
	Outflow	1.2	2.5	15.2	118	4.67	2.78	0.041	18.2	142	5.6	3.3	0.05
2000/12/19	Inflow	3.9	3.0	13.4	117	5.66	3.09	0.050	52.3	458	22.1	12.0	0.19
	Outflow		3.0	11.2	101	4.43	2.47	0.039					
2001/04/12	Inflow	3.0	3.2	13.1	79	5.23	3.19	0.055	39.3	236	15.7	9.6	0.16
	Outflow	1.2	3.6	5.94	73	4.80	3.01	0.052	7.1	87	5.8	3.6	0.06
2001/04/16	Inflow	2.1	3.4	11.9	83	5.48	3.31	0.056	24.9	175	11.5	6.9	0.12
	Outflow	1.2	3.5	9.07	79	5.07	3.13	0.053	10.9	95	6.1	3.8	0.06
2001/04/19	Inflow	3.4	3.2	11.3	88	5.02	3.38	0.057	38.7	300	17.2	11.5	0.20
	Outflow	3.0	3.4	9.06	89	5.62	3.43	0.058	27.2	267	16.8	10.3	0.18
2001/04/23	Inflow	3.3	3.2	11.5	93	5.70	3.44	0.058	38.0	308	18.8	11.3	0.19
	Outflow	3.0	3.3	10.5	94	5.64	3.44	0.059	31.6	282	16.9	10.3	0.18
2001/04/26	Inflow	3.6	3.1	11.3	96	5.79	3.45	0.059	40.6	346	20.8	12.4	0.21
	Outflow	2.7	3.3	10.3	99	5.88	3.54	0.060	27.8	267	15.9	9.6	0.16
2001/05/01	Inflow			12.0	98	5.85	3.44	0.059					
	Outflow			10.3	104	6.03	3.62	0.061					
2001/05/07	Inflow	3.0	3.2	12.1	104	5.83	3.43	0.059	36.2	312	17.5	10.3	0.18
	Outflow	2.4	3.3	10.2	106	5.94	3.51	0.061	24.5	254	14.2	8.4	0.15
2001/05/10	Inflow	2.6	2.9	13.9	107	6.12	3.49	0.061	35.5	273	15.6	8.9	0.16
	Outflow	2.6	3.0	10.1	101	5.69	3.34	0.059	25.7	258	14.5	8.5	0.15
2001/05/14	Inflow	2.4	3.2	18.1	121	6.78	3.85	0.066	43.4	291	16.3	9.2	0.16
	Outflow	1.8	3.2	14.7	117	6.54	3.74	0.065	26.4	211	11.8	6.7	0.12
2001/05/17	Inflow	2.9	3.2	15.7	121	6.25	3.69	0.063	44.7	345	17.8	10.5	0.18
	Outflow	2.3	3.2	10.7	124	6.61	3.82	0.064	24.0	279	14.9	8.6	0.14

Sample	Flow L/min	pH	metal concentration (mg/L)					Load (flow rate×metal concentration : g/min)					
			Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	
2001/05/21	Inflow		13.4	122	6.11	3.64	0.061						
	Outflow		9.59	125	6.18	3.69	0.063						
2001/05/24	Inflow	2.6	3.1	13.1	107	5.46	3.35	0.059	34.5	280	14.3	8.8	0.15
	Outflow	2.3	3.1	10.1	111	6.30	3.36	0.058	23.6	258	14.6	7.8	0.13
2001/05/28	Inflow	2.6	3.1	11.6	123	5.79	3.50	0.060	29.6	313	14.8	8.9	0.15
	Outflow	2.0	3.1	10.1	126	6.03	3.67	0.060	19.6	246	11.8	7.2	0.12
2001/05/31	Inflow	2.7	3.1	13.8	123	5.77	3.49	0.059	37.2	332	15.6	9.4	0.16
	Outflow	2.9	3.1	9.8	123	5.75	3.60	0.058	27.9	352	16.4	10.3	0.17
2001/06/04	Inflow	2.7	3.0	17.1	124	6.37	3.60	0.062	46.2	334	17.2	9.7	0.17
	Outflow	2.4	3.0	11.9	129	6.47	3.70	0.063	28.5	309	15.5	8.9	0.15
2001/06/07	Inflow	2.7	3.0	14.8	117	6.10	3.69	0.058	40.0	316	16.5	10.0	0.16
	Outflow	1.7	2.9	10.3	126	6.59	3.97	0.061	17.0	207	10.9	6.6	0.10
2001/06/11	Inflow	1.8	3.0	13.3	118	5.93	3.66	0.054	24.0	213	10.7	6.6	0.10
	Outflow	1.8	3.0	10.5	118	5.57	3.58	0.054	19.0	212	10.0	6.4	0.10
2001/06/14	Inflow	2.3	3.0	12.8	119	5.85	3.72	0.055	28.7	268	13.2	8.4	0.12
	Outflow	1.4	3.0	8.61	124	5.99	3.78	0.058	11.6	168	8.1	5.1	0.08
2001/06/18	Inflow	2.6	3.0	13.1	120	5.72	3.63	0.054	33.5	306	14.6	9.3	0.14
	Outflow	1.7	3.0	8.97	126	5.96	3.79	0.057	14.8	208	9.8	6.2	0.09
2001/06/21	Inflow	1.7	3.1	12.5	121	5.69	3.58	0.056	20.6	199	9.4	5.9	0.09
	Outflow	1.4	3.1	9.70	120	5.43	3.55	0.054	13.1	162	7.3	4.8	0.07
2001/06/25	Inflow	2.0	3.1	13.2	122	5.76	3.67	0.056	25.7	239	11.2	7.1	0.11
	Outflow	1.7	3.1	9.14	123	5.69	3.67	0.056	15.1	203	9.4	6.1	0.09
2001/06/28	Inflow	2.0	3.1	13.3	121	5.66	3.68	0.055	27.1	246	11.5	7.5	0.11
	Outflow	1.2	3.2	7.97	121	5.49	3.62	0.055	9.6	146	6.6	4.3	0.07
2001/07/02	Inflow	1.8	3.1	14.4	123	5.76	3.61	0.056	25.9	221	10.4	6.5	0.10
	Outflow	1.4	3.1	6.55	121	5.37	3.44	0.054	9.4	174	7.7	5.0	0.08
2001/07/05	Inflow			15.4	124	5.88	3.65	0.057					
	Outflow			8.66	122	5.38	3.53	0.054					
2001/07/10	Inflow	1.5	3.1	13.8	125	5.74	3.59	0.058	20.7	187	8.6	5.4	0.09
	Outflow	1.1	3.1	7.20	131	5.84	3.70	0.059	7.6	138	6.1	3.9	0.06
2001/07/12	Inflow	1.8	3.1	13.7	126	5.76	3.62	0.055	24.7	227	10.4	6.5	0.10
	Outflow	1.4	3.1	8.59	122	5.42	3.54	0.055	11.6	165	7.3	4.8	0.07
2001/07/16	Inflow		3.1	14.4	127	5.72	3.65	0.056					
	Outflow	3.6	3.9	1.87	71	2.51	1.97	0.027	6.7	257	9.0	7.1	0.10
2001/07/19	Inflow	3.6		30.0	120	7.06	3.79	0.060	108	431	25.4	13.7	0.22
	Outflow	3.0		11.5	120	5.87	3.51	0.054	34.6	359	17.6	10.5	0.16
2001/07/23	Inflow	3.6		18.8	119	6.64	3.67	0.056	67.9	429	23.9	13.2	0.20
	Outflow	3.0		12.7	117	6.31	3.54	0.054	38.1	352	18.9	10.6	0.16
2001/07/26	Inflow	3.5		17.4	122	6.45	3.68	0.055	60.0	422	22.2	12.7	0.19
	Outflow	2.7		9.89	125	6.30	3.61	0.056	26.7	336	17.0	9.7	0.15
2001/07/30	Inflow	3.6	3.1	16.4	122	6.49	3.59	0.055	59.0	440	23.4	12.9	0.20
	Outflow	2.9	3.1	10.5	125	6.43	3.54	0.056	29.8	355	18.3	10.1	0.16
2001/08/02	Inflow	3.6	3.1	19.7	118	6.76	3.48	0.054	71.0	426	24.3	12.5	0.20
	Outflow	3.0	3.1	9.99	120	6.23	3.39	0.051	30.0	359	18.7	10.2	0.15
2001/08/06	Inflow	3.6	3.1	17.4	116	6.53	3.39	0.053	62.6	416	23.5	12.2	0.19
	Outflow	2.7	3.1	8.54	120	6.54	3.43	0.053	23.0	324	17.7	9.3	0.14
2001/08/09	Inflow	3.6	3.1	17.0	115	6.46	3.36	0.052	61.2	415	23.3	12.1	0.19
	Outflow	4.1	3.1	9.15	111	5.81	3.19	0.051	37.1	451	23.5	12.9	0.21
2001/08/13	Inflow	3.6	3.1	13.3	112	5.91	3.24	0.049	48.0	402	21.3	11.7	0.17
	Outflow	2.7	3.1	5.77	118	6.01	3.38	0.050	15.6	318	16.2	9.1	0.14
2001/08/16	Inflow	3.0	3.2	12.6	111	5.82	3.24	0.048	37.9	332	17.5	9.7	0.14
	Outflow	2.6	3.1	5.29	118	5.96	3.36	0.048	13.5	301	15.2	8.6	0.12



第4図 pHの変化

Fig. 4 Variation of pH in constructed wetland.

(4～8月)を通じて、ほとんどが図中の流入水濃度＝流出水濃度の線よりも下にプロットされている。このことは、流出水のFe濃度が、流入水よりも低くなっていることを示しており、Feについては湿地を通すことによって濃度が低下することが確認できた。Mnについては、一部で流入水濃度＝流出水濃度の線よりも下にプロットされているものの、ほとんどが線上または線よりも上に位置しており、流出水濃度は流入水濃度と同じか、もしくは増加していると言える。Cu, ZnおよびCdは、Mnとほぼ同じような傾向を示しているが、各成分とも試験前半のほうが流入水濃度＝流出水濃度の線よりも下にプロットされている割合が多くなっている。

Feが他の成分よりも濃度低下の効果が大きくなったのは、 Fe^{3+} ではpHが3～4程度でも沈殿し始めるため、わずかなpHの上昇でも他の成分より沈殿除去が生じやすかったためと推定できる。

流入・流出水の負荷量(流量×成分濃度: g/min)の推移を第6図に示した。各成分とも流出負荷量が流入負荷量よりも低くなっており、各重金属成分の流出負荷量は湿地を通過することによって減少していることが確認できる。また、各成分とも試験前半と後半で流出負荷量と流入負荷量の差が異なっており、前半のほうが負荷量の差が大きい。

第7図には、これら負荷量から重金属成分の除去率(%) [(流入負荷量－流出負荷量)/流入負荷量×100]をもとめ、その推移を示した。Feの除去率は、試験前半で高く、40～80%で推移しているが、後半はやや低下して20～70%となっている。Mnは、試験前半こそ30～70%の値を示したが、試験後半は10～40%となっている。Cu, ZnおよびCdについては、Mnとほぼ同じ傾向を示している。

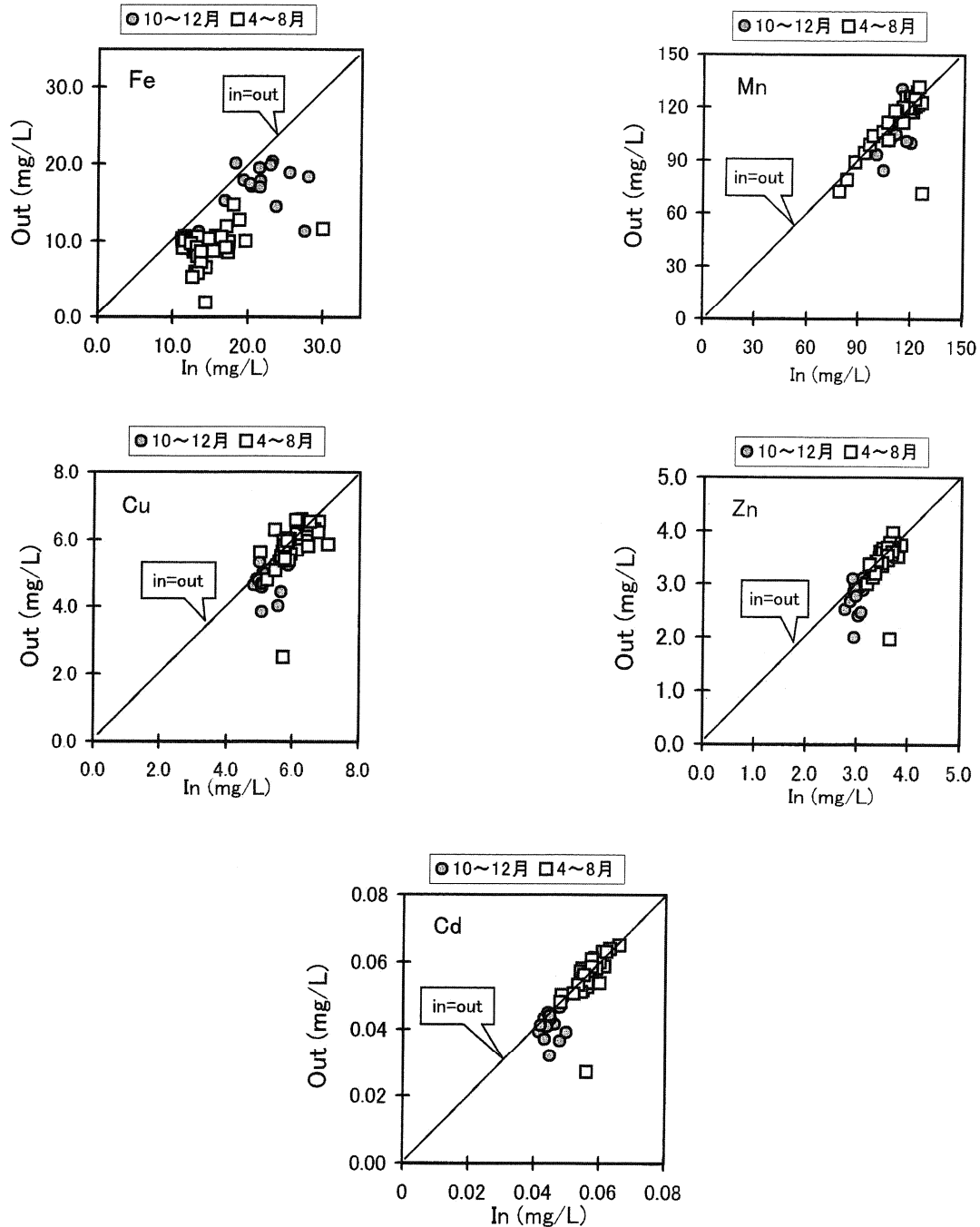
これまで述べたように、流量とpHの観測結果および水質分析の結果から、人工湿地を通すことによって、流入水量の減少効果や酸性水中の重金属の除去効果が示された。また、試験期間の前半(10月18日～12月24日)と後半(4月11日～8月31日)では、これらの効果に違いが見られた。

前半と後半の差については、第1の要因として、ヨシの生育状況との関連性が考えられる。人工湿地では、試験開始から11月中旬までは順調に生育しており、生育障害などは見られなかった。しかし、翌年の春先に新芽が出てからのヨシの生育は良好とはいえず、葉や茎が赤くなるなどの障害がみられた。さらに試験終了時点では、大きいものでも60～80cm程度(前半の半分程度)までしか生育しなかった。このことを考慮すれば、ヨシの生育状況の悪化が湿地の持つ浄化機能の一部を低下させ、流出水の流量・重金属除去率に影響を与えた可能性が示唆される。第2の要因として、人工湿地の底部に敷かれた石灰石の表面が沈殿物等により被覆されたため、後半には石灰石が水質浄化に果たしていた効果が低下したと考えられる。

IV まとめ

今回の試験結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 人工湿地からの流出水量は、流入水量よりも減少しており、蒸発散による流出水量の低減効果が確認された。
- 2) pHでは、人工湿地に使用した石灰石により、ある程度の上昇が確認された。
- 3) 重金属濃度では、人工湿地を通すことによりFe濃度は低下したが、他の成分では濃度の低下は見られなかった。これは各成分がもつpHによる溶存特性の



第5図 流入水と流出水の重金属濃度の関係

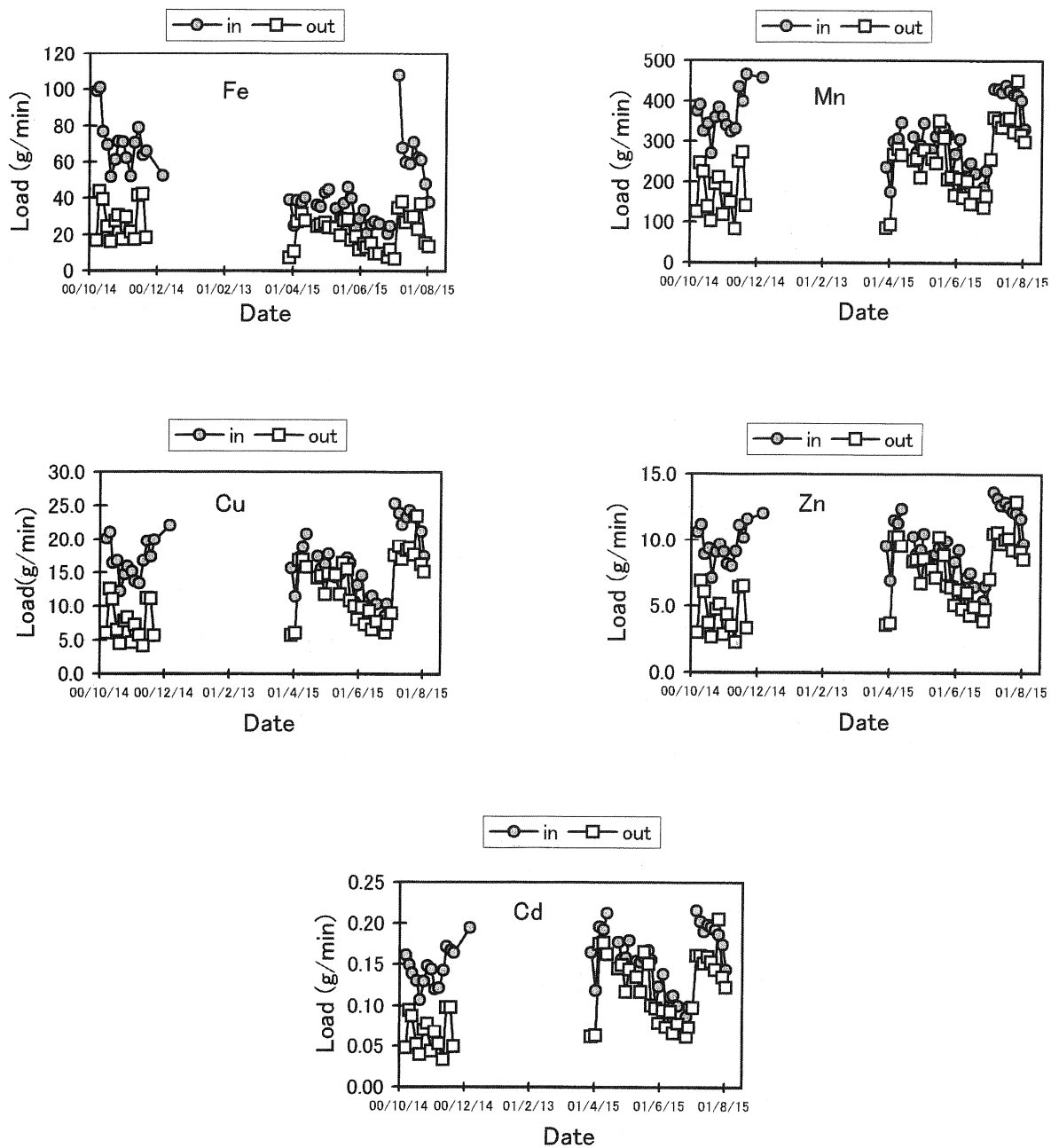
Fig. 5 Relationship between inflow and outflow for concentration of heavy metals.

相違によるものと推定される。

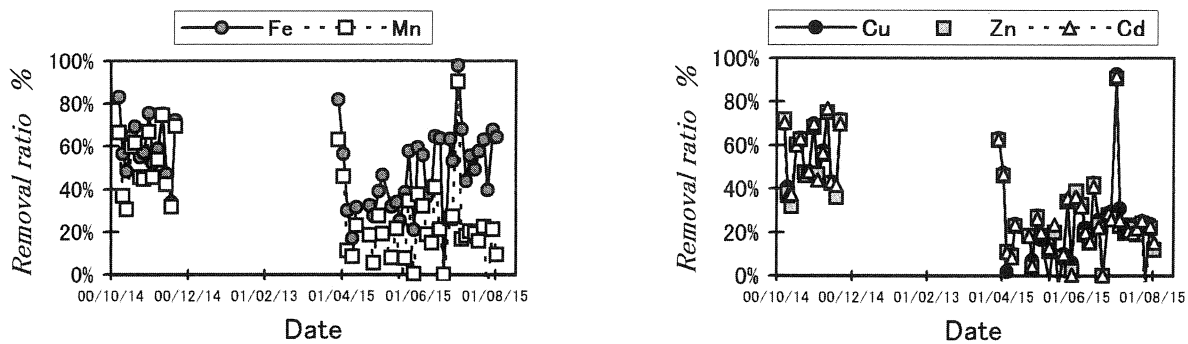
- 4) 負荷量から見た重金属の除去では、人工湿地を通すことで各成分ともある程度除去されることが確認された。
- 5) 試験の前半(10月18日~12月24日)と後半(4月11日~8月31日)とでは、処理効果に差が見られたが、これはヨシの生育状況の違い、および石灰石の表面被覆の程度の違いによる可能性を示唆する。

V おわりに

今回の試験では、人工湿地を利用することによって酸性廃水を浄化処理できる可能性が示された。しかし、今後この処理法の実用化に向けては、土壌・植物中の重金属濃度の変動や微生物の働きの解明、さらには酸性環境下での植物の生育管理法など、解決しなければならないことが多く残っている。この他石灰石単独の果たす役割についても確認する必要がある。また、この処理法は自然の力を利用するため、地域適応性などについても検討しなければならない。重金属を含む酸性



第6図 負荷量 (g/min) の推移
 Fig. 6 Variation of inflow and outflow load (g/min).



第7図 除去率 (%) の推移
 Fig. 7 Variation of removal rate of heavy metals.

廃水の人工湿地による処理法は、環境を重視した未来型の処理技術であり、今後さらなる発展が望まれるものである。

謝 辞

この試験を進めるにあたり、北海道建設部函館土木現業所上ノ国ダム建設事務所の技術係長奥平恒望氏や技術係工藤勉氏をはじめとする事務所職員の方々には、試験湿地の建設、流量・pHの測定、および水質分析用試料の採取などについて多大なご協力をいただいた。上ノ国ダム建設工事関係者の方々には、調査の際に便宜を図っていただいた。ここに記して以上の方々に深く感謝いたします。

文 献

- 北海道立地質研究所・北海道立衛生研究所・小樽商科大学 (2000)：平成11年度共同研究報告書「鉱山廃水及び生活用水源からのマンガン除去技術の開発研究」, 19p.
- 細見正明 (1990)：湿地による水質浄化. 用水と廃水, 32, 716-719.
- 細見正明(1992)：ヨシ湿地による水質浄化. 水, 34, 61-68.
- IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control(2000):Constructed Wetlands for Pollution Control—Processes, Performance, Design and Operation—.Scientific and Technical Report, No. 8, 156p.
- 北詰昌義・野口俊太郎 (1997)：人工ヨシ湿地による生活排水の高度処理. 用水と廃水, 39, 1043-1047.
- 荻野激・遠藤祐司・黒沢邦彦 (2001)：坑内水が流入する湿地における水, 土壌および植物の重金属濃度. 北海道立地質研究所報告, 72, 115-120.
- 杉山恵一・進土五十八 (1992)：自然環境復元技術. 166p, 朝倉書店.